

明 細 書

発明の名称：

二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の製造方法、および二酸化炭素吸収スラッジ微粉末、ならびに水硬化性硬化体

技術分野

[0001] 本発明は、残コンクリートや戻りコンクリートから回収され、骨材・微砂分が除去され脱水されたセメント分を含むスラッジケーキについて所定の処理を施して結合材として利用可能な微粉末を得る製造方法、およびその微粉末、ならびにその微粉末を結合材として得る水硬化性硬化体に関するものである。

背景技術

[0002] 建設現場等において打設されるコンクリート、モルタル等は、レディーミクストコンクリート工場において製造され、アジテータトラックによって搬送される。建設現場において使用されなかったコンクリート、受入検査で不合格になったコンクリートは、いわゆる残コンクリート、あるいは戻りコンクリートとして工場に戻されるが、コンクリート全体の2～3％に達すると報告されている。従来これらは産業廃棄物として処理されてきたが、コストが嵩むし環境負荷にもなるので、有効利用が求められている。

[0003] 近年、地球温暖化を防止するために産業の各分野において二酸化炭素の排出量の削減が要求されている。二酸化炭素の排出量が日本全体の約4％を占めているセメント製造業について見てみると、高温焼成により製造されるセメントについて二酸化炭素の排出量が大きく、原単位では約766kg／tonに達している。二酸化炭素の排出量を抑制するために、セメントの使用量を少なくしたり、セメントの一部を他の低炭素材料からなる結合材に代替したりする技術の確立が期待される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第4 4 7 2 7 7 6号公報

特許文献2：特許第6 8 1 1 5 2 1号公報

特許文献3：特開平5－2 3 8 7 9 0号公報

[0005] 特許文献1には、残コンクリート、戻りコンクリートから未水和セメントの割合が多いスラッジ微粉末を回収する方法が記載されている。すなわち、残コンクリート、戻りコンクリートに水を加えてスラリーにし、このスラリーから砂利、砂を除去し、さらに湿式サイクロンによって微砂分を除去してスラッジ水を得る。次いで、スラッジ水を脱水して脱水ケーキを得、この脱水ケーキを回転ドラムに入れて高温の空気を供給しながら破碎と乾燥とを同時に実施するようにする。破碎と乾燥とを同時に実施するので水和反応の進行を抑制して、未水和セメントの割合が多い、良質なスラッジ微粉末が得られる。スラッジ微粉末は、例えば特許文献2において提案されているように、セメントの一部を代替可能な結合材として利用することができる。

[0006] 特許文献3には、コンクリート廃棄物の破碎物またはコンクリート製造工程で発生するスラッジをふるい分けして微粉部分を回収し、この微粉部分に二酸化炭素を積極的に吸収させて、セメント増量材を得る方法が記載されている。二酸化炭素を吸収させる前の微粉部分については、これをセメント増量材として利用しようとする、吸水率が非常に大きくワーカビリティが低下するという問題がある。しかしながら微粉部分を二酸化炭素のガス中で処理して炭酸化させると、ワーカビリティの低下を引き起こさないセメント増量材が得られる。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1に記載のスラッジ微粉末は、廃棄物である残コンクリート、戻りコンクリートから得られ、破碎・乾燥時に消費する燃料も少ないので、低炭素材料の結合材になっている。従って、水硬化性硬化体においてセメントの一部をスラッジ微粉末で代替すると、結果的に二酸化炭素の排出量を抑制することができ優れている。しかしながら、スラッジ微粉末にはさらに二酸

化炭素の排出量を少なくできる余地があるように見受けられる。しかしながらより二酸化炭素の排出量を少なくしようとしてスラッジ微粉末の使用量を大きくすれば、ワーカビリティすなわち流動性が小さくなる、という課題がある。

[0008] 特許文献3に記載のセメント増量材は、コンクリートのワーカビリティを低下させることなく利用することができ優れている。さらには、二酸化炭素を吸収するので結果的に二酸化炭素の排出量を抑制することができ、この点においても優れている。しかしながら、特許文献3に記載のセメント増量材は結合材として作用が期待できず、水硬化性硬化体において使用されるセメントを一部代替したとしても、その割合は大きくはない。特許文献3に記載されているスラッジから微粉部分を回収する方法では、スラッジをふるい分けて微粉部分を取り出しているだけであり、微砂分の除去は実質的にできていないからである。そうすると、微粉部分におけるセメント分の割合が大きくないという問題、および微砂分とセメント分の割合が不明であるという問題がある。従って、仮に微粉部分を結合材として利用しようとしても、必要な強度を得るための配合量を決定することができず結合材としての利用が難しい。

[0009] さらに特許文献3に記載の微粉部分においては、セメント分における未水和セメントの割合も定かではない。特許文献3には、微粉部分をどのように乾燥させ、微粉にするかについての記載がなく、一般的な方法で処理していると考えられるからである。一般的な方法では、スラッジを脱水して脱水ケーキを得、これを乾燥させた後に破碎して微粉部分を得るようにしている。つまり破碎と乾燥は同時に実施しない。このような方法で微粉部分を得ると、水和反応が進んでセメント分全体における未水和セメントの割合は必然的に小さくなる。例えば、論文「1. 乾燥微粉碎した生コンスラッジの活性度と有効利用に関する一考察 (セメント・コンクリート論文集 No. 5 1997年)」にも記載されているように、一般的な方法で得る微粉部分は、結合材として利用しても強度は得られない。つまり、特許文献3に記載

の微粉部分は結合材としての利用は実質的に難しい。さらに、特許文献3に記載の微粉部分は、この文献に記載されている実施例がコンクリートにおいて5%程度を添加しているだけであり、そもそも二酸化炭素排出量の低減の効果が大きくないという問題もある。

[0010] 本発明は、残コンクリートや戻りコンクリートから、二酸化炭素の排出量を抑制することができると共に優れた性能を備えた結合材である二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の製造方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明は、残コンクリートまたは戻りコンクリートから、未水和セメントの割合が多く、かつ二酸化炭素が吸収された二酸化炭素吸収スラッジ微粉末を得るようにする。具体的には、残コンクリートまたは戻りコンクリートに水を加えてスラリーにする。次いで、スラリーから砂利、砂を分離・除去してスラッジ水を得、湿式サイクロンによりスラッジ水から微砂分を分離・除去して濃縮スラッジ水を得、この濃縮スラッジ水を脱水してスラッジケーキを得る。スラッジケーキを回転ドラムに入れて熱風と高濃度の二酸化炭素とを供給し、二酸化炭素を吸収させながら破碎・乾燥して二酸化炭素吸収スラッジ微粉末を得る。あるいは、スラッジケーキを回転ドラムに入れて熱風を供給し破碎・粉碎してスラッジ微粉末を得る。このスラッジ微粉末に高濃度の二酸化炭素をさらして二酸化炭素吸収スラッジ微粉末を得る。なお、二酸化炭素を吸収させる前のスラッジ微粉末は、スラッジ微粉末全体に対する未水和セメントの割合が断面積比で50%以上の品質からなるようにする。

発明の効果

[0012] 本発明により、二酸化炭素の排出量を低減させる結合材を提供することができる。また本発明の製造に係る二酸化炭素吸収スラッジ微粉末は、二酸化炭素を吸収させていないスラッジ微粉末に比して、ワーカビリティを向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本実施の第1の形態に係る二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の製造方法を

示すフローチャートである。

[図2]本実施の第2の形態に係る二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の製造方法を示すフローチャートである。

[図3]二酸化炭素を吸収させる前のスラッジ微粉末の顕微鏡写真である。

[図4]二酸化炭素を吸収させる前のスラッジ微粉末について、その比表面積と未水和セメントの割合の関係を示すグラフである。

[図5]スラッジ微粉末に一定時間二酸化炭素を吸収させたとき、吸収時における容器内の温度とモルタルフローとの関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0014] <第1の実施の形態に係る二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の製造方法>

本実施の第1の形態に係る二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の製造方法を説明する。

コンクリートは、普通ポルトランドセメントと、砂利、砂等の骨材と、水と、混和剤とを強制練りミキサによって練混ぜて製造する。このようにして製造されたコンクリートは建設現場に搬送されて打設されるが、使用されないで一部が残ったり、受け入れ検査で不合格になったりする場合がある。このようなコンクリートは、残コンクリートあるいは戻りコンクリートとして、レディーミクストコンクリート工場に戻され、あるいは他の処理設備に送られる。このような残コンクリートまたは戻りコンクリートを処理して二酸化炭素吸収スラッジ微粉末を製造する。

[0015] 図1に示されているように、スラリー化工程S1を実施して、残コンクリートまたは戻りコンクリートをスラリー化する。つまり残コンクリートまたは戻りコンクリートに水を加えてスラリー化する。これによって、セメント分が加えられた水に十分に溶け込むようにする。スラリーには、アジテータトラックのミキサを洗浄した洗浄排水や、レディーミクストコンクリート工場における洗浄排水が含まれていてもよい。

[0016] 次に骨材分離工程S2を実施する。スラリー化工程S1で得られたスラリーから骨材等の固形分を除去する工程である。メッシュの大きさの異なる

複数の振動篩によって実施され、スラリーを順次処理して砂利、砂等の骨材を分離する。回収された骨材は再利用されることになる。骨材が分離されて残った篩下は、セメント分が多く含まれているスラッジ水になっている。骨材分離工程 S 2 の次に微砂分除去工程 S 3 を実施する。この工程は、本実施の形態において湿式サイクロンによって実施し、スラッジ水から微細な砂、つまり微砂分を除去する。すなわち濃縮スラッジ水を得る。この工程によって得られた濃縮スラッジ水は、次の脱水工程 S 4 で処理される。しかしながら濃縮スラッジ水に含まれるセメント分が薄い場合には、スラリー化工程 S 1 に送って、他の残コンクリートや戻りコンクリートをスラリー化する水として再利用してもよい。このようにするとスラッジ水はセメント分が濃縮される。濃縮スラッジ水に対し脱水処理 S 4 を実施する。すなわち濃縮スラッジ水をフィルタプレスによって処理し、スラッジケーキを得る。このとき上澄水も得られるが、これはコンクリートの混練水として再利用することができる。

[0017] 第 1 の実施の形態に係る製造方法は、スラッジケーキに対して破碎・乾燥・二酸化炭素吸収工程 S 5 を実施する。つまり、このスラッジケーキに高濃度の二酸化炭素を供給しながら破碎・乾燥するようにする。スラッジケーキに高濃度の二酸化炭素を供給することができ、そして破碎と乾燥とを同時に実施することができれば、どのような装置を使用してもよい。しかしながら、本実施の形態においては、効率よく破碎・乾燥を実施することができ、かつ二酸化炭素を吸収させることができる、所定の回転ドラムを使用する。回転ドラムは、内部において高速に回転する破碎攪拌翼が設けられ、熱風と高濃度の二酸化炭素を供給することができるようになっている。回転ドラム内の二酸化炭素の濃度は空気に対する容積比で 5 % 以上 90 % 以下になるようにする。また温度は 50℃ 以上、400℃ 以下になるようにする。回転ドラムにスラッジケーキを入れて処理すると、スラッジケーキは破碎攪拌翼によって破碎され、熱風によって乾燥されながら、二酸化炭素を吸収する。これによって二酸化炭素吸収スラッジ微粉末が製造される。破碎・乾燥・二酸化

炭素吸収工程 S 5 では、スラッジケーキの破碎と乾燥と二酸化炭素吸収とが実質的に同時に実施されるので、セメント分の水和反応の進行を抑制して未水和セメント分が多い、二酸化炭素吸収スラッジ微粉末が得られる。

[0018] ところで、破碎・乾燥・二酸化炭素吸収工程 S 5 によって処理されるスラッジケーキは、所定の品質を備えていることが条件になっている。実際にはスラッジケーキは、上で説明した破碎・乾燥・二酸化炭素吸収工程 S 5 によって処理されるが、仮にこれを他の方法で処理した場合に得られるはずのスラッジ微粉末の品質を条件にしている。この他の方法による処理も、上で説明した回転ドラムを使用するものとする。ただし回転ドラムには二酸化炭素は供給せず、高温の空気のみを供給するものとする。このように二酸化炭素を供給せずに、スラッジケーキを破碎・乾燥させると、スラッジ微粉末が得られるはずである。このようにして得られるスラッジ微粉末は、図 3 の顕微鏡写真のような状態になる。この顕微鏡写真は、論文「乾燥スラッジ微粉末を混和剤として用いたレディーミクストコンクリートの開発（鹿島技術研究所年報第 66 号 2018 年 12 月 1 日発行）」に記載されているものである。スラッジ微粉末には微細な砂も若干含まれているが、セメント分が水和して生成される水和生成物等が凝集したもの、そして未水和セメントが比較的多く含まれていることが分かる。

[0019] この論文には、図 4 に示されているグラフも記載されている。スラッジ微粉末を樹脂で固め、これを切断してそれぞれの物質が占める断面積を調べると、物質の割合を調べることができる。比表面積が異なる色々なスラッジ微粉末について、スラッジ微粉末全体における未水和セメントの断面積比を調べ、グラフにしたものが、図 4 である。ここでいう比表面積は、JIS R 5201 セメント物理試験方法に規定するブレン透過装置により測定しており、この手法は「球形粒子よりなる粉末のベッドにおいて、その中の空気を気体が通る経路の全内面積は粉末の全表面積に等しく、また通路の全容積はベッドの空隙容積に等しい」という仮定を前提に、空気の流れから粉体の比表面積を導き出す試験である。スラッジ微粉末について、本試験を行った場合、セ

メント周囲に水和生成物等の粗な凝集物が存在しているため、試験中に粗な凝集物中を空気が通ること、試験結果である比表面積は大きくなる。したがって、スラッジ微粉末の水和生成物の凝集物が多いほど、未水和セメントの量が少ないほど、比表面積は高い値を示す。このグラフに示されているように、結合材として利用可能なスラッジ微粉末は、スラッジ微粉末全体における未水和セメントが、断面積比で50%以上になっている。このとき比表面積は $12000\text{ cm}^2/\text{g}$ 以下になることが保証され、未水和セメントの割合が高い。特に断面積比で55%以上であれば比表面積が $11000\text{ cm}^2/\text{g}$ 以下になっており、さらに未水和セメントの割合は高い。そこで、本実施の形態に係る製造方法においては、破碎・乾燥・二酸化炭素吸収工程S5によって処理する対象のスラッジケーキは、仮にこのスラッジケーキを破碎・乾燥させてスラッジ微粉末を得た場合に、そのスラッジ微粉末の全体に対する未水和セメントの断面積比が50%以上、より好ましくは55%以上、であるようにする。

[0020] <第2の実施の形態に係る二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の製造方法>

本実施の第2の形態に係る二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の製造方法を説明する。本実施の第2の形態に係る製造方法は、図2に示されているが、大部分の工程が第1の実施の形態に係る製造方法と同じになっている。具体的には、スラリー化工程S1、骨材分離工程S2、微砂分除去工程S3、脱水工程S4が同じ工程になっている。従って、これらの工程について説明は省略する。破碎・乾燥工程S11から説明する。

[0021] 第2の実施の形態に係る製造方法は、スラッジケーキに対して破碎・乾燥工程S11を実施する。この工程で使用する装置も、スラッジケーキを破碎しながら乾燥するものであればどのような装置であってもよいが、第1の実施の形態に係る製造方法で使用している回転ドラムを使用することができる。回転ドラムにスラッジケーキを入れて回転させ熱風を供給する。そうすると、スラッジケーキは破碎攪拌翼によって破碎され、熱風によって乾燥されてスラッジ微粉末が得られる。このスラッジ微粉末は、スラッジ微粉末の全

体に対する未水和セメントの断面積比が50%以上になっている。

[0022] このようにして得られたスラッジ微粉末に対して、二酸化炭素吸収工程S12を実施する。二酸化炭素吸収工程S12は、スラッジ微粉末について攪拌手段を備えた容器に入れ、容器内に高濃度の二酸化炭素を供給し、容器内を50℃以上にする。所定時間、例えば30分以上、あるいは1時間以上攪拌しながら二酸化炭素にさらすと、スラッジ微粉末は二酸化炭素を吸収する。すなわち二酸化炭素吸収スラッジ微粉末が得られる。

[0023] この第2の実施の形態に係る製造方法においては、破碎・乾燥工程S11において回転ドラムから排熱を回収し、回収した排熱を二酸化炭素吸収工程S12において利用して容器を加熱するようにしてもよい。排熱を利用するようにすると、その分だけエネルギーの節約になる。つまり、さらに二酸化炭素の排出量を削減する効果が得られる。

[0024] <二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の性質>

第1、2の実施の形態に係る製造方法によって製造される二酸化炭素吸収スラッジ微粉末は、結合材として利用することができる。二酸化炭素吸収スラッジ微粉末を結合材として利用してモルタル等を混練する場合、二酸化炭素を吸収させていないスラッジ微粉末、つまり第2の実施の形態に係る製造方法の破碎・乾燥工程S11で得られるスラッジ微粉末を結合材とする場合に比して、流動性が高くワーカビリティに優れている。また、二酸化炭素吸収スラッジ微粉末を結合材として水硬化性硬化体が得られる。二酸化炭素吸収スラッジ微粉末は、スラッジ微粉末に比してワーカビリティを改善するだけでなく、二酸化炭素を吸収しているので、二酸化炭素排出量が少ない低炭素材料であると言える。

実施例 1

[0025] スラッジ微粉末は、二酸化炭素を吸収させるとき、その吸収時間に伴ってどの位の量の二酸化炭素を吸収することができるのか、そして吸収したことにより、品質がどのように変化するのかを調べるため実験を行った。

実験方法：

比表面積の異なるスラッジ微粉末を対象に実験を行うため、コンクリートを混練してから工程S1までの時間が異なる3種類の残コンクリートA、B、Cに対して、図2に示されている第2の実施の形態に係る二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の製造方法の、工程S1から工程S11までを実施して、二酸化炭素を吸収していないスラッジ微粉末A0、B0、C0を得た。これらのスラッジ微粉末A0、B0、C0を、それぞれ実験容器に入れ、容器内の二酸化炭素の濃度を空気との容積比で80%にすると共に容器内の温度を50℃として二酸化炭素を吸収させ、吸収時間が3時間の二酸化炭素吸収スラッジ微粉末A3、B3、C3を得た。同様にして二酸化炭素の吸収時間が6時間、12時間、18時間、24時間の二酸化炭素吸収スラッジ微粉末A6、B6、C6、A12、B12、C12、…、A24、B24、C24を得た。

得られたそれぞれのスラッジ微粉末A0、B0、C0について、比表面積および密度を測定し、それぞれの二酸化炭素吸収スラッジ微粉末A3～A24、B3～B24、C3～C24について、二酸化炭素の吸収量（重量比）を測定し表1にまとめた。なお、A、B、Cの比表面積および密度は、二酸化炭素を吸収させる前のスラッジ微粉末A0、B0、C0についてのものである。

[0026] [表1]

	A		B		C	
	密度2.96 (g/cm ³)		密度2.59 (g/cm ³)		密度2.30 (g/cm ³)	
	比表面積5290(cm ² /g)		比表面積6790(cm ² /g)		比表面積10360(cm ² /g)	
二酸化炭素 吸収時間 (h)	記号	二酸化炭素 吸収量 (%)	記号	二酸化炭素 吸収量 (%)	記号	二酸化炭素 吸収量 (%)
吸収無し	A0	0.00	B0	0.00	C0	0.00
3	A3	0.33	B3	1.48	C3	3.07
6	A6	0.61	B6	1.72	C6	3.10
12	A12	1.16	B12	2.24	C12	3.68
18	A18	1.04	B18	2.37	C18	4.03
24	A24	1.61	B24	2.70	C24	4.09

[0027] 考察：

二酸化炭素吸収スラッジ微粉末A 3～A 2 4、B 3～B 2 4、C 3～C 2 4は、いずれも二酸化炭素を吸収すること、および吸収時間が多くなるほど二酸化炭素を多く吸収することが確認できた。二酸化炭素の吸収量は、同一の吸収時間で比較すると、二酸化炭素を吸収する前の比表面積が最も大きいC 0における二酸化炭素吸収スラッジ微粉末C 3～C 2 4が最も大きく、比表面積が最も小さいA 0における二酸化炭素吸収スラッジ微粉末A 3～A 2 4が最も小さかった。その理由として、セメントの水和生成物は未水和セメントの粒子の周囲に粗な凝集体として膜状に付着しているため、水和生成物が多いほど比表面積の値も大きくなる。言い換えれば、比表面積が大きいほど水和生成物が多いと言える。この水和生成物が二酸化炭素を吸収することから、比表面積が大きく水和生成物が多いC 0は、A 0やB 0に比べて、同一の吸収時間で吸収する二酸化炭素の量が多いのだと考えられる。

実施例 2

[0028] 実施例 1 の実験で得たスラッジ微粉末A 0、…、および二酸化炭素吸収スラッジ微粉末A 3、…について、それらを結合材として利用する場合の性能について調べる実験を行った。

実験方法：

実施例 1 の実験で得たスラッジ微粉末A 0、B 0、C 0、および二酸化炭素吸収スラッジ微粉末A 3、B 3、…、C 2 4について、それぞれ結合材として利用し、日本産業規格のJ I S R 5 2 0 1 に準拠してモルタルを混練した。それぞれのモルタルについてJ I S R 5 2 0 1 に則ってフロー値を調べた。またこれらモルタルを硬化させ、材齢2 8日の圧縮強度を調べた。表2にまとめる。

[0029]

[表2]

	A			B			C		
	密度2.96 (g/cm ³)			密度2.59 (g/cm ³)			密度2.30 (g/cm ³)		
	比表面積5290(cm ² /g)			比表面積6790(cm ² /g)			比表面積10360(cm ² /g)		
二酸化炭素 吸収時間 (h)	記号	モルタル フロー (mm)	モルタル 強度 (N/mm ²)	記号	モルタル フロー (mm)	モルタル 強度 (N/mm ²)	記号	モルタル フロー (mm)	モルタル 強度 (N/mm ²)
吸収なし	A0	154.0	53.3	B0	152.0	46.6	C0	116.0	29.0
3	A3	171.5	51.4	B3	271.0	47.5	C3	250.0	31.6
6	A6	187.5	53.0	B6	257.0	43.5	C6	210.5	32.0
12	A12	188.0	51.8	B12	265.0	43.1	C12	220.0	30.0
18	A18	187.5	51.0	B18	278.5	41.6	C18	222.0	24.0
24	A24	187.0	51.8	B24	262.0	43.3	C24	232.0	22.3

[0030] 考察：

流動性に関して見ると、二酸化炭素の吸収時間が3時間、6時間、…、そして24時間と増えるにしたがって二酸化炭素吸収スラッジ微粉末A3、A6、…、C24を結合材とするモルタルのフロー値がいずれも大きくなって（改善して）いることが確認できた。すなわちスラッジ微粉末に二酸化炭素を吸収させることにより、スラッジ微粉末を結合材として用いたモルタルのワーカビリティが向上することが確認できた。

[0031] ただし、フロー値の変化の度合いは、比表面積が最も大きいC0における二酸化炭素吸収スラッジ微粉末C3～C24が最も大きく、比表面積が最も小さいA0における二酸化炭素吸収スラッジ微粉末A3～A24が最も小さかった。その理由として、二酸化炭素を吸収する前のスラッジ微粉末A0、B0、C0において、セメントの水和生成物は未水和セメントの粒子の周囲に凝集体となって膜状に付着している。水和生成物が多いと比表面積を増大させると共に、モルタル中の水分の多くが水和生成物内に取り込まれ、流動性が低下する。流動性が低い状態のスラッジ微粉末A0、B0、C0に対して二酸化炭素を吸収させると、水和生成物が二酸化炭素を吸収して炭酸カルシウムなどが結晶化し、モルタル中の水分を取り込みにくくなることで、流動性が改善される。したがって、二酸化炭素吸収前の比表面積が最も大きいスラッジ微粉末C0は、A0やB0に比べて水和生成物の量が多い分、流動性が悪

くフロー値が最も小さいが、二酸化炭素を吸収させたスラッジ微粉末C 3～C 2 4 は二酸化炭素の吸収が進むほど大きく流動性が改善され、フロー値の改善の大きさもより大きくなる。それと対象に、二酸化炭素吸収前の比表面積が最も小さいスラッジ微粉末A 0 は、もともとの水和生成物の量が少ないため、二酸化炭素吸収によるフロー値の改善の大きさは小さい。

[0032] そして、A 0、B 0、C 0 のいずれも、吸収時間6時間程度でフロー値の改善の大きさは収束し、以後吸収時間を増やしてもフロー値はほとんど変化していない。

ここで、スラッジ微粉末を結合材として用いたモルタルのフロー値に関して好ましい数値を検討する際、普通ポルトランドセメントを結合材とするモルタルを参考にすることができる。普通ポルトランドセメントからモルタルを製造する場合、一般的にフロー値は1 6 0 mm～1 7 0 mmになるところ、二酸化炭素吸収スラッジ微粉末A 3、B 3、…、C 2 4 を結合材として用いたモルタルは、いずれもフロー値が1 7 0 mm以上になっており、好ましい結果だと言える。このことから容器内の温度が5 0℃であれば、3時間以上二酸化炭素を吸収させれば、流動性に関して十分に結合材として利用可能な二酸化炭素吸収スラッジ微粉末が得られることが分かる。

実施例 3

[0033] スラッジ微粉末に二酸化炭素を吸収させるとき、その吸収時における容器内の温度が二酸化炭素の吸収の効率にどのように影響するかについて、調べる実験を行った。

実験方法：

残コンクリートDに対して、実施例1の実験と同様にしてスラッジ微粉末D 0を得た。このスラッジ微粉末D 0を実験容器に入れ、実施例1の実験と同様にして二酸化炭素を吸収させた。ただし、二酸化炭素の吸収時間は1時間とし、吸収時における容器内の温度だけを変えて実験した。吸収時における容器内の温度が3 0℃、1 0 0℃、3 0 0℃の3パターンについて、それぞれ二酸化炭素吸収スラッジ微粉末D 1－3 0、D 1－1 0 0、D 1－3 0

0を得た。そしてこれらの微粉末D0、D1-30、D1-100、D1-300を結合材として利用し、日本産業規格のJIS R 5201に準拠してモルタルを混練し、JIS R 5201に則ってフロー値を調べた。さらにこれらモルタルを硬化させ、材齢28日の圧縮強度を調べた。これら微粉末D0、D1-30、D1-100、D1-300について、二酸化炭素の吸収量（重量比）、モルタルフロー値、モルタル強度を表3にまとめた。なお、Dの比表面積および密度は、二酸化炭素を吸収させる前のスラッジ微粉末D0についてのものである。

[0034] [表3]

	D			
	密度2.67 (g/cm ³)			
	比表面積8060(cm ² /g)			
二酸化炭素 吸収温度 (°C)	記号	二酸化炭素 吸収量 (%)	モルタル フロー(mm)	モルタル 強度(N/mm ²)
吸収なし	D0	0.00	131.0	41.3
30	D1-30	0.21	133.0	42.4
100	D1-100	0.88	138.0	41.2
300	D1-300	1.87	193.5	43.9

[0035] 考察：

表から読み取れるように、同一の吸収時間（1時間）で比較すると、吸収時の容器内温度が高くなるほど二酸化炭素の吸収量が大きくなっていること、さらにはモルタルのフロー値が大きくなっていることが確認できる。モルタルのフロー値についてさらに調べるため、横軸に容器内の温度、縦軸にフロー値を取って、二酸化炭素吸収スラッジ微粉末D1-30、D1-100、D1-300をプロットし、図5のグラフを得た。グラフから読み取れるように、モルタルのフロー値は、二酸化炭素吸収時における容器内の温度に比例して大きくなっている。前記したように、普通ポルトランドセメントを結合材とするモルタルのフロー値を参考にすると、スラッジ微粉末を結合材として用いたモルタルのフロー値が170mm以上あれば結合材として好ま

しいため、二酸化炭素の吸収時における容器内の温度が160℃以上であれば好ましいフロー値が得られることがわかる。このことから、二酸化炭素の吸収時間が1時間のように短時間である場合には、容器内温度160℃以上で二酸化炭素を吸収させるようにすると、好ましい二酸化炭素吸収スラッジ微粉末が得られることがわかる。

産業上の利用可能性

[0036] 本実施の形態に係る二酸化炭素吸収スラッジ微粉末は、地盤改良材としての利用、あるいは流動化処理土に添加する固化材としての利用も可能である。

請求の範囲

- [請求項1] 残コンクリートまたは戻りコンクリートに水を加えてスラリーにするスラリー化工程と、
- 該スラリーから砂利、砂を分離・除去してスラッジ水を得る分離工程と、
- 湿式サイクロンにより前記スラッジ水から微砂分を分離・除去して濃縮スラッジ水を得る微砂分除去工程と、
- 該濃縮スラッジ水を脱水してスラッジケーキを得る脱水工程と、
- 該スラッジケーキを回転ドラムに入れて熱風と高濃度の二酸化炭素とを供給し、二酸化炭素を吸収させながら破碎・乾燥して二酸化炭素吸収スラッジ微粉末を得る、破碎・乾燥・二酸化炭素吸収工程と、からなり、
- 前記スラッジケーキは、もし前記回転ドラムに熱風のみを供給して破碎・乾燥してスラッジ微粉末を得るとすると、該スラッジ微粉末全体に対する未水和セメントの割合が断面積比で50%以上の品質からなる、二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の製造方法。
- [請求項2] 残コンクリートまたは戻りコンクリートに水を加えてスラリーにするスラリー化工程と、
- 該スラリーから砂利、砂を分離・除去してスラッジ水を得る分離工程と、
- 湿式サイクロンにより前記スラッジ水から微砂分を分離・除去して濃縮スラッジ水を得る微砂分除去工程と、
- 該濃縮スラッジ水を脱水してスラッジケーキを得る脱水工程と、
- 該スラッジケーキを回転ドラムに入れて熱風を供給し破碎・乾燥してスラッジ微粉末を得る破碎・乾燥工程と、
- 前記スラッジ微粉末を高濃度の二酸化炭素にさらして二酸化炭素を吸収させて二酸化炭素吸収スラッジ微粉末を得る二酸化炭素吸収工程と、からなり、

前記スラッジ微粉末は、前記スラッジ微粉末全体に対する未水和セメントの割合が断面積比で50%以上の品質からなる、二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の製造方法。

[請求項3] 前記破碎・乾燥工程は前記回転ドラムから発生する排熱を回収するようにし、

前記二酸化炭素吸収工程は前記スラッジ微粉末と前記高濃度の二酸化炭素とを攪拌しながら、かつ前記排熱を利用して加熱しながら実施する、請求項2に記載の二酸化炭素吸収スラッジ微粉末の製造方法。

[請求項4] 請求項1～3のいずれかの項に記載の製造方法により製造された二酸化炭素吸収スラッジ微粉末。

[請求項5] 請求項1～3のいずれかの項に記載の製造方法により製造された二酸化炭素吸収スラッジ微粉末を少なくとも結合材の一部として含有する、水硬化性硬化体。